

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

(11) N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

2 683 894

(21) N° d'enregistrement national :  
91 14079

(51) Int Cl<sup>5</sup> : F 24 F 3/14, 1/00, 13/22, B 01 D 53/24, 53/26, C 02 F  
1/14

(12)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 15.11.91.

(30) Priorité :

(71) Demandeur(s) : Société dite: SORELEC — FR et  
COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE — FR.

(43) Date de la mise à disposition du public de la  
demande : 21.05.93 Bulletin 93/20.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche : Se reporter à la fin du présent fascicule.

(60) Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

(72) Inventeur(s) : Djelouah Salah et Forrat Francis.

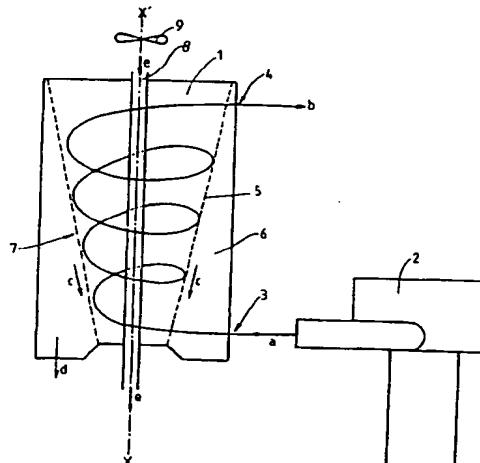
(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire : Cabinet Herrburger.

(54) Installation de refroidissement et de déshydratation d'air chaud et humide.

(57) Installation de refroidissement et de déshydratation  
d'air chaud et humide caractérisée en ce qu'elle est constituée  
d'un réservoir tronconique perforé (1) d'axe (x-x') essentiellement vertical, muni d'une tubulure d'entrée d'air  
chaud et humide ainsi que d'une tubulure tangentielle (4)  
de sortie d'air sec et coopérant avec une soufflante (2) de  
façon à établir, à l'intérieur du réservoir tronconique (1),  
une circulation d'air hélicoïdale de type cyclonique créant  
une dépression, donc un refroidissement de l'air au niveau  
de l'axe (x-x') et une compression associée à une accélération  
à la périphérie (5) du réservoir (1). L'eau condensée  
lors de la détente est centrifugée et évacuée à travers les  
perforations du réservoir tronconique.

Production d'eau distillée et dessalement de l'eau de mer.



FR 2 683 894 - A1



" Installation de refroidissement et de déshydratation d'air chaud et humide "

La présente invention concerne une installation de refroidissement et de déshydratation d'air chaud et humide.

Les conditions de température et d'hygrométrie qui règnent dans les pays tropicaux posent des problèmes tout particuliers à leurs habitants liés au souhait, pour des raisons de confort, de développer les installations de climatisation, tant domestiques que collectives, et surtout à l'obligation de remédier au problème crucial du manque d'eau qui est catastrophique pour certaines populations. Le seul moyen de résoudre ce problème semble être de dessaler l'eau de mer.

Les dispositifs de climatisation sont généralement basés sur un refroidissement par contact dans un échangeur refroidi par un groupe frigorifique ; cette technique, qui donne toute satisfaction dans les pays tempérés, n'est malheureusement que difficilement adaptable à grande échelle aux pays tropicaux, étant donné le caractère onéreux et fragile de ces installations. Il convient, en outre, de noter que celles-ci ne sont pas compétitives avec d'autres systèmes tels que l'évaporation multi-effets pour le

dessalement de l'eau de mer.

On connaît par le document EP-A-0 378 046 une installation de refroidissement et de déshumidification d'air chaud et humide permettant de fournir de l'air frais et sec ainsi que de l'eau distillée ; 5 cette installation est schématiquement constituée par une turbine, un compresseur, des échangeurs de chaleur et un réservoir montés en série. Celle-ci n'a, toutefois, pas pu donner entière satisfaction compte tenu de sa complexité qui réduit sa fiabilité et accroît les coûts ; de plus, les turbines, couplées 10 mécaniquement aux compresseurs, doivent avoir un rendement isentropique élevé, ce qui rend leur réalisation difficile.

15 La présente invention a pour objet de remédier à ces inconvénients en proposant une installation de refroidissement et de déshydratation d'air chaud et humide ayant une conception rustique, donc une bonne fiabilité et une grande facilité 20 d'exploitation, sans nécessiter une maintenance lourde et permettant d'obtenir de l'air sec et froid ou de l'eau distillée avec un coefficient de performance élevé, c'est-à-dire avec une très faible consommation d'énergie.

25 L'idée à la base de l'invention a consisté à tenter de reproduire artificiellement le processus naturel de formation et de développement des cyclones tropicaux en cherchant à effectuer une conversion thermodynamique à dynalpie (= enthalpie + énergie 30 cinétique) constante, c'est-à-dire à faire une conversion de l'énergie de condensation de l'humidité en énergie cinétique.

35 A cet effet, l'invention se rapporte à une installation de type susmentionné, caractérisée en ce qu'elle est constituée d'un réservoir tronconique

d'axe essentiellement vertical, muni d'une tubulure d'entrée d'air chaud et humide ainsi que d'une tubulure tangentielle de sortie d'air sec, et coopérant avec une soufflante de façon à établir, à 5 l'intérieur du réservoir tronconique, une circulation d'air hélicoïdale de type cyclonique créant une dépression, donc un refroidissement de l'air au niveau de l'axe et une compression associée à une accélération à la périphérie du réservoir.

10 Il est à noter que dans le cadre de cette description, le terme tronconique doit être compris dans un sens très général vu que dans certains cas particuliers, le réservoir peut être constitué par un cylindre ayant une extrémité conique ou même avoir une 15 forme biconique dans le but de favoriser l'accélération des gaz ou l'échange énergie thermique/énergie cinétique.

20 Par ailleurs, la tubulure d'entrée est le plus souvent elle aussi tangentielle mais peut parfois être axiale.

25 La possibilité conforme à l'invention de déshydrater l'air introduit dans le réservoir tronconique de façon à récupérer de l'eau distillée est basée sur le fait bien connu que le point de saturation de l'air varie avec la température, ou en d'autres termes que, à saturation la teneur en vapeur 30 d'eau de l'air chaud est nettement plus importante que celle de l'air froid. Par suite, si l'on fait subir à de l'air fortement chargé en vapeur d'eau une détente dans des conditions relativement proches d'une isentropique adiabatique, la diminution de la pression a pour corollaire une forte diminution de la température et entraîne une importante diminution de la teneur en vapeur d'eau de l'air, c'est-à-dire la condensation de cette eau.

5 Cet effet peut être majoré en associant à l'installation des organes permettant d'augmenter la teneur en humidité, notamment de saturer l'air introduit dans le réservoir tronconique, par exemple, en le chauffant par l'énergie solaire.

10 Comme il a déjà été indiqué, l'énergie récupérée compte tenu du caractère exothermique de la condensation de l'eau est transformée en énergie cinétique, et provoque donc une accélération de l'air à la périphérie du réservoir ; les caractéristiques de la trajectoire de l'air, en particulier son rayon et son pas, sont, bien entendu, fonction de sa vitesse initiale et de la quantité d'énergie thermique convertie.

15 Parallèlement, les gouttelettes d'eau condensées sont entraînées par l'écoulement d'air et centrifugées en raison de leur grande densité de façon à se rassembler au niveau des parois latérales du réservoir tronconique.

20 Pour permettre la récupération de cette eau, ces parois latérales sont, selon une autre caractéristique de l'invention, munies de perforations coopérant avec une cuve dans laquelle le réservoir tronconique est monté coaxialement : les gouttes d'eau condensées peuvent ainsi traverser les parois latérales du réservoir et ruisseler à l'extérieur de celles-ci pour être récupérées à la partie inférieure de la cuve.

25 Conformément à l'invention, la cuve de récupération de l'eau condensée peut être en un matériau tel que acier, tôle inoxydable, alliage d'aluminium, matière plastique ... ; le réservoir tronconique est fabriqué en un matériau de même nature, compatible de façon à permettre la réalisation de soudures étanches à ses parties supérieures et

inférieures, et est avantageusement muni de perforations ayant un diamètre d'environ 5 mm, uniformément réparties sur ses parois latérales.

5 Selon une autre caractéristique de l'invention, le réservoir tronconique a une conicité tournée vers le bas.

10 Selon une autre caractéristique de l'invention, la tubulure d'entrée de ce réservoir est située à la partie inférieure de celui-ci tandis que la tubulure de sortie est située à sa partie 15 supérieure.

Dans tous les cas, la conicité du réservoir tronconique est fonction de l'énergie thermique à récupérer, c'est-à-dire de la température et de l'hygrométrie de l'air humide introduit par la tubulure d'entrée.

15 L'augmentation de l'énergie cinétique suite à la condensation de l'eau est égale à  $\rho E_1$ ,  $E_1$  étant l'énergie de condensation et  $\rho$  le rendement.

20 Or, on a pu prouver que pour avoir un coefficient de performance maximum, la géométrie du réservoir tronconique doit imposer une vitesse angulaire  $\omega$  constante dans tout son volume. Il en résulte que, si  $r$  est le petit rayon du réservoir au niveau de la tubulure d'entrée et  $R$  le grand rayon de 25 celui-ci au niveau de la tubulure de sortie, on doit avoir :

$$\rho E_1 = \frac{1}{2} m (R^2 - r^2) \omega^2.$$

30 L'installation susmentionnée peut être mise en oeuvre dans le cadre d'une première variante consistant à assurer la climatisation en climat tropical chaud et humide tout en permettant de fournir de l'air frais et sec ainsi que de l'eau distillée, et dans le cadre d'une seconde variante consistant à dessaler l'eau de mer.

5 L'expérience a montré que, conformément à la première variante, c'est-à-dire lorsque l'installation fonctionne en mode climatisation, il est particulièrement avantageux, pour obtenir un coefficient de performance élevé, que la soufflante mette la partie interne du réservoir tronconique en surpression (de l'ordre de 2 bars).

10 A cet effet, et selon une autre caractéristique de l'invention, la soufflante est montée au niveau de la tubulure d'entrée de façon à comprimer l'air pénétrant dans le réservoir tronconique.

15 Cette surpression permet, en effet, d'obtenir une détente donc un refroidissement optimum au niveau de l'axe du réservoir.

20 Pour permettre de récupérer les frigories dégagées à ce niveau, suite à la détente, l'installation comporte, selon une autre caractéristique de l'invention, un échangeur de refroidissement notamment tubulaire, constitué, par exemple, par un tube façonné en un matériau de bonne conductibilité thermique susceptible d'être soudé au réservoir ou à la cuve. Un ventilateur peut être utilisé pour faire circuler le flux secondaire ainsi refroidi dans l'échangeur.

25 Conformément à cette variante de l'invention, l'air accéléré circulant selon une trajectoire hélicoïdale à la périphérie du réservoir tronconique est parallèlement soumis à une compression et donc à un échauffement ; cet air chaud est simplement rejeté à l'atmosphère après son éjection par la tubulure de sortie.

30 L'expérience a également montré que conformément à la seconde variante de l'invention, c'est-à-dire lorsque l'installation fonctionne en mode

climatisation, il est particulièrement avantageux, pour avoir un coefficient de performance élevé, que la soufflante mette la partie interne du réservoir tronconique en dépression (de l'ordre de 0,2 bar).

5 A cet effet, et selon une autre caractéristique de l'invention, la soufflante est montée au niveau de la tubulure de sortie de façon à aspirer l'air pénétrant dans le réservoir tronconique.

10 Pour permettre d'obtenir le dessalement souhaité, il est nécessaire d'associer à l'installation des organes de saturation de l'air pénétrant dans le réservoir tronconique par évaporation d'eau salée.

15 Selon une autre caractéristique de l'invention, ces organes sont avantageusement constitués par une serre chauffée par l'énergie solaire. L'évaporation peut, le cas échéant, être améliorée grâce à l'adjonction d'un caillebotis noir ou d'un absorbeur immergé absorbant le rayonnement.

20 Conformément à cette variante, on obtient également une dépression et un refroidissement de l'air au niveau de l'axe du réservoir tronconique ; par suite de l'eau se condense et se rassemble en gouttelettes qui sont entraînées au niveau des parois latérales du réservoir avant de s'échapper par les perforations pour ruisseler vers le fond de la cuve.

25 Parallèlement, l'énergie de condensation de l'eau est transformée en énergie cinétique et sert à accélérer l'air se déplaçant dans le réservoir tronconique selon un mouvement hélicoïdal en direction de la soufflante : celle-ci reçoit donc de l'air fortement accéléré.

30 L'énergie dépensée à ce niveau pour communiquer à l'air une vitesse égale à la vitesse apparente des aubes de la soufflante est de ce fait très faible.

35

Elle s'annule lorsque la vitesse de l'air arrivant à la soufflante est égale à la vitesse apparente des aubes et peut même devenir négative, auquel cas, la soufflante se comporte en turbine et peut produire de l'énergie électrique ou mécanique qui décharge le moteur.

Lorsque la vitesse apparente des aubes est supérieure à la vitesse à laquelle il arrive à la soufflante, l'air subit, à ce niveau, une compression et donc un échauffement ; conformément à une autre caractéristique de l'invention, l'air chaud ainsi obtenu à la sortie de la soufflante peut être transféré dans une canalisation permettant de l'injecter dans la serre de façon à récupérer son énergie thermique.

Les caractéristiques de l'installation qui fait l'objet de l'invention, seront décrites plus en détail en se référant aux dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1 est un schéma correspondant à la première variante de l'invention, c'est-à-dire représentant l'invention fonctionnant en mode climatisation,
- la figure 2 est un schéma similaire mais correspondant à la seconde variante de l'invention, et représentant l'installation fonctionnant en mode dessalement.

Selon la figure 1, l'installation est essentiellement constituée d'un réservoir tronconique 1 d'axe x-x' essentiellement vertical et d'une soufflante 2.

Le réservoir tronconique 1 dont la conicité est dirigée vers le bas est muni, à sa partie inférieure, d'une tubulure 3 d'entrée tangentielle d'air chaud et humide selon la flèche a, et à sa partie supérieure d'une tubulure 4 de sortie d'air sec

selon la flèche b qui est également tangentielle.

La soufflante 2 est montée au niveau de la tubulure d'entrée 3 de façon à comprimer l'air pénétrant selon la flèche a dans le réservoir tronconique 1. Il s'ensuit l'établissement, à l'intérieur du réservoir tronconique 1, d'une circulation d'air hélicoïdale de type cyclonique représentée schématiquement sur la figure ; cette circulation crée une dépression et donc un refroidissement de l'air au niveau de l'axe x-x' du réservoir 1 et une compression, donc un échauffement, à la périphérie 5 de celui-ci.

La diminution de la température au niveau de l'axe x-x' entraîne une condensation d'air à ce niveau ; l'énergie de condensation ainsi libérée est transformée en énergie cinétique de façon à augmenter la vitesse de l'air circulant à l'intérieur du réservoir 1 qui est finalement rejeté vers l'extérieur selon la flèche b.

L'eau condensée se rassemble, quant à elle, en fines gouttelettes qui sont entraînées par l'écoulement hélicoïdal et centrifugées en raison de leur grande densité.

Pour faciliter la récupération de cette eau, les parois latérales 5 du réservoir tronconique 1 sont munies de perforations 7 débouchant à l'intérieur d'une cuve 6 dans laquelle le réservoir 1 est monté coaxialement ; l'eau peut ainsi ruisseler à l'extérieur des parois 5 du récipient 1 selon les flèches c et être récupérée selon la flèche d à la partie inférieure de la cuve.

Un échangeur tubulaire 8 monté au niveau de l'axe x-x' du réservoir tronconique 1 permet de récupérer les frigories dégagées à ce niveau, suite à la détente. Un ventilateur 9 commande la circulation,

selon les flèches e, dans cet échangeur et des canalisations associées, d'un flux d'air secondaire pouvant ensuite être utilisé pour effectuer la climatisation d'un local.

5 Selon la figure 2, l'installation adaptée à un fonctionnement en mode dessalement a une configuration largement similaire à celle adaptée à un fonctionnement en mode climatisation représentée sur la figure 1. Elle est, en effet, essentiellement, 10 constituée par une soufflante 2 associée à un réservoir tronconique 1 de configuration similaire et dont les éléments correspondants sont désignés par les mêmes références. A la différence de la configuration 15 représentée sur la figure 1, la soufflante 2 est cependant montée au niveau de la tubulure de sortie 4 de façon à aspirer l'air pénétrant selon la flèche a dans le réservoir tronconique 1.

Cette installation comporte, en outre, une 20 serre 10 chauffée par l'énergie solaire comme représenté schématiquement par la flèche F, de façon à favoriser l'évaporation selon les flèches g de l'eau salée contenue dans une lagune ou un récipient quelconque 11, et par suite la saturation en eau de l'air pénétrant dans le réservoir tronconique 1 selon 25 la flèche a.

D'une manière similaire à la configuration 30 représentée sur la figure 1, il s'établit à l'intérieur du réservoir tronconique 1 une circulation d'air hélicoïdale de type cyclonique créant une dépression et donc un refroidissement de l'air au niveau de l'axe x-x' ; il s'ensuit une condensation. L'eau ainsi libérée se rassemble en fines gouttelettes 35 qui sont entraînées par l'écoulement et centrifugées de façon à traverser les perforations 7 et à ruisseler le long des parois externes 5 du réservoir 1 avant

11

d'être récupérées selon la flèche d à la partie inférieure de la cuve 6.

Simultanément, l'énergie de condensation est transformée en énergie cinétique de façon à augmenter 5 la vitesse de l'air pénétrant selon la flèche b dans la soufflante 2 ; à ce niveau, l'air est soumis à une compression et à une élévation de sa température. L'air ainsi échauffé est récupéré selon la flèche h et injecté dans la serre 10 où l'on récupère son énergie 10 thermique.

L'installation décrite ci-dessus présente l'avantage de correspondre à un système quasi statique, ne comprenant qu'un composant rotatif, des 15 canalisations courtes et aucun composant d'asservissement, ce qui permet de faciliter et de réduire les frais de maintenance.

20

25

30

35

R E V E N D I C A T I O N S

1°) Installation de refroidissement et de déshydratation d'air chaud et humide caractérisée en ce qu'elle est constituée d'un réservoir tronconique (1) d'axe (x-x') essentiellement vertical, muni d'une tubulure d'entrée d'air chaud et humide ainsi que d'une tubulure tangentielle (4) de sortie d'air sec et coopérant avec une soufflante (2) de façon à établir, à l'intérieur du réservoir tronconique (1), une circulation d'air hélicoïdale de type cyclonique créant une dépression, donc un refroidissement de l'air au niveau de l'axe (x-x') et une compression associée à une accélération à la périphérie (5) du réservoir (1).

15 2°) Installation selon la revendication 1, caractérisé en ce que le réservoir tronconique (1) est muni de perforations (7) sur ses parois latérales (5) et est monté coaxialement à l'intérieur d'une cuve (6).

20 3°) Installation selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisée en ce que le réservoir tronconique (1) a une conicité tournée vers le bas.

25 4°) Installation selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que la tubulure d'entrée (3) du réservoir tronconique (1) est située à la partie inférieure de celui-ci tandis que la tubulure de sortie (4) est située à sa partie supérieure.

30 5°) Installation selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, plus particulièrement destinée à assurer la climatisation en climat tropical humide et permettant de fournir de l'air frais et sec ainsi que de l'eau distillée, caractérisée en ce qu'elle comporte un échangeur de refroidissement (8), notamment

tubulaire, monté au niveau de l'axe ( $x-x'$ ) du réservoir tronconique (1) de façon à permettre de récupérer les frigories dégagées à ce niveau.

5 6°) Installation selon la revendication 5, caractérisée en ce que la soufflante (2) est montée au niveau de la tubulure d'entrée (3) de façon à comprimer l'air pénétrant dans le réservoir tronconique (1).

10 7°) Installation selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, plus particulièrement destinée à assurer le dessalement de l'eau de mer, caractérisée en ce qu'elle comporte des organes (10) de saturation par évaporation d'eau salée de l'air pénétrant dans le réservoir tronconique (1) par la tubulure d'entrée (3).

15 8°) Installation selon la revendication 7, caractérisée en ce que les organes de saturation sont constitués par une serre (10) chauffée par l'énergie solaire.

20 9°) Installation selon l'une quelconque des revendications 7 et 8, caractérisée en ce que la soufflante (2) est montée au niveau de la tubulure de sortie (4) de façon à aspirer l'air pénétrant dans le réservoir tronconique (1).

25 10°) Installation selon l'une quelconque des revendications 8 et 9, caractérisée en ce qu'elle comporte une canalisation permettant d'injecter dans la serre (10) l'air chaud sortant de la soufflante (2) de façon à récupérer son énergie thermique.

FIG. 1

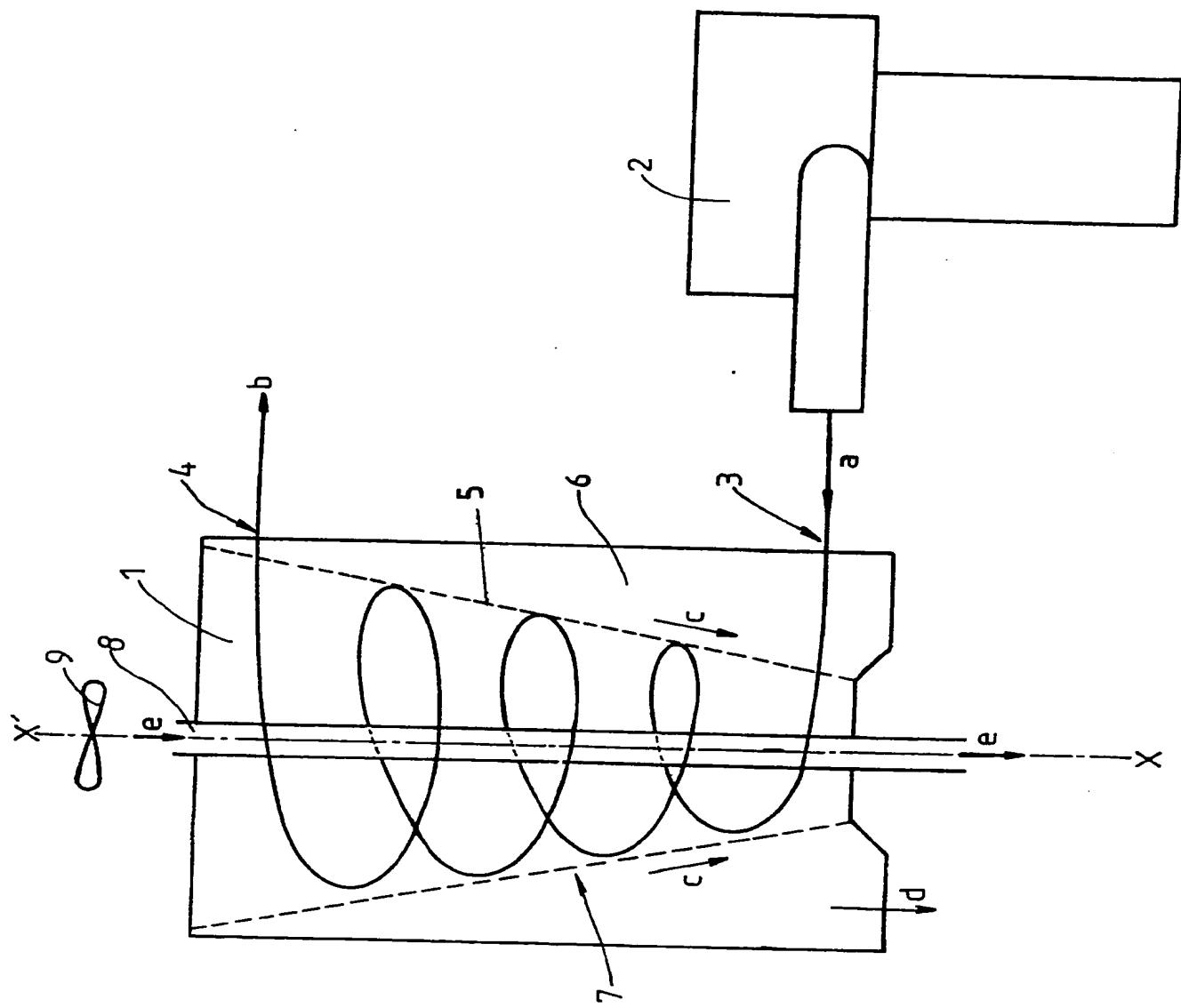
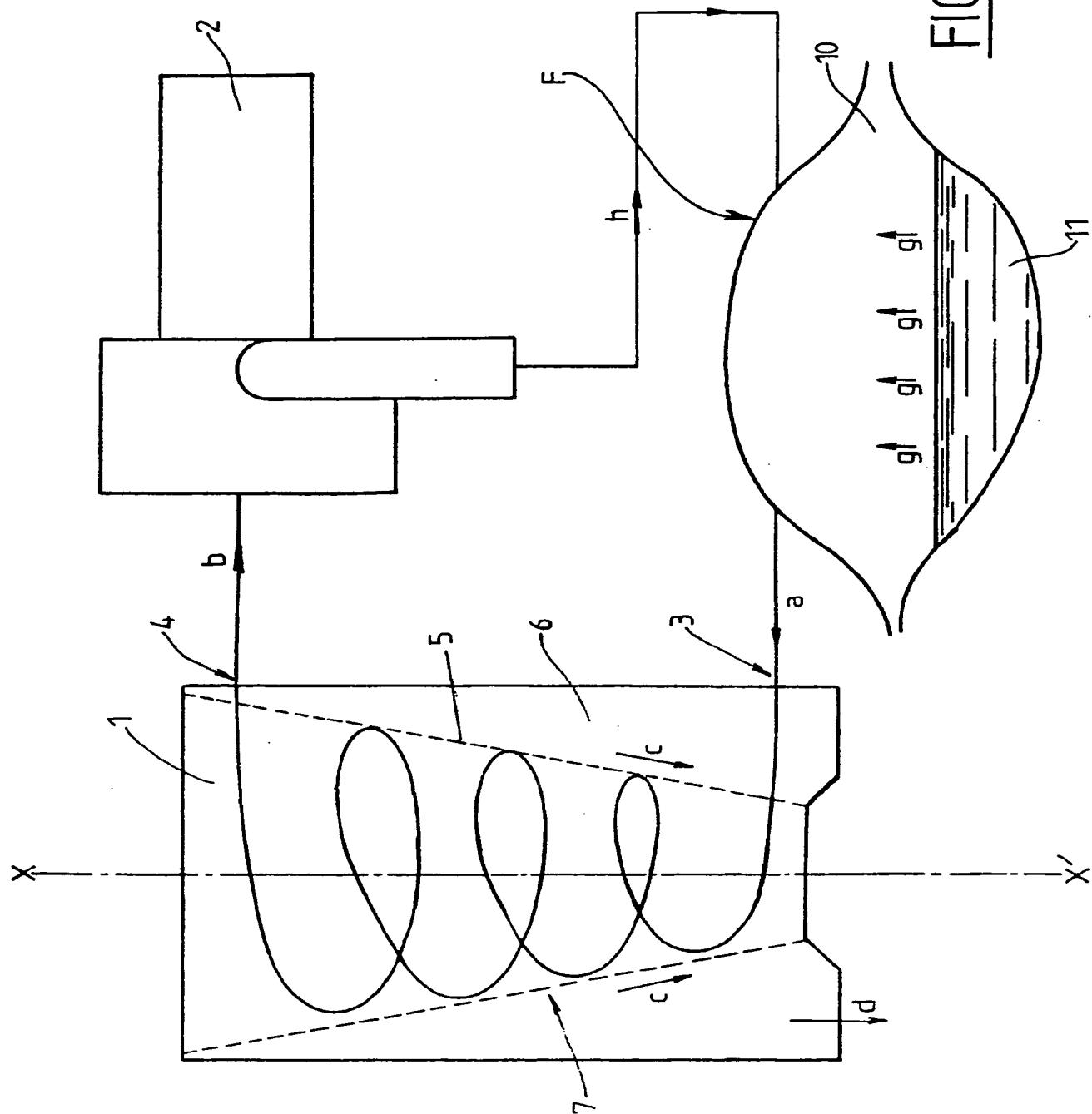


FIG. 2



**INSTITUT NATIONAL  
de la  
PROPRIETE INDUSTRIELLE**

## RAPPORT DE RECHERCHE

établi sur la base des dernières revendications déposées avant le commencement de la recherche

FR 9114079  
FA 466686

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
A	US-A-2 684 232 (CALDWELL) * colonne 2, ligne 46 - colonne 3, ligne 56; figures 3,4 *	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 012, no. 075 (C-480)9 Mars 1988 & JP-A-62 213 819 ( YOSHITO NISHIOKA ) 19 Septembre 1987 * abrégé *	1
A	US-A-3 898 068 (MCNEIL)	
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
		F24F B04C F28B B01D
	Date d'achèvement de la recherche 21 JUILLET 1992	Examinateur PESCHEL G.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		
X	particulièrement pertinent à lui seul	T : théorie ou principe à la base de l'invention
Y	particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie	E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.
A	particulièrement pertinent à l'encontre d'un moins une revendication ou arrière-plan technologique général	D : cité dans la demande
O	divulgation non-écrite	L : cité pour d'autres raisons
P	document intercalaire	& : membre de la même famille, document correspondant

GPO FORM 1503-03-82 (P0413)

**CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES**

X : particulièrement pertinent à lui seul  
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie  
A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général  
O : divulgation non-écrite  
P : document intercalaire

T : théorie ou principe à la base de l'invention  
 E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure  
     à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date  
     de dépôt ou qu'à une date postérieure.  
 D : cité dans la demande  
 L : cité pour d'autres raisons  
 .....  
 & : membre de la même famille document correspondant

& : membre de la même famille, document correspondant

**BEST AVAILABLE COPY**